

4-6 MAYIS 2024 CİZRE SELİNİN NEDENLERİ: İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ, YAĞIŞ DİNAMİKLERİ VE KENTSEL KIRILGANLIK

Serkan SABANCI*

Öz

Bu çalışma, 4-6 Mayıs 2024 tarihlerinde Cizre’de meydana gelen sel olayını meteorolojik, jeomorfolojik ve kentsel kırılganlık bağlamında incelemektedir. Araştırmada 1970-2024 dönemi Meteoroloji Genel Müdürlüğü yağış verileri kullanılmış; eğilim analizi için Mann-Kendall testi ve Sen’in eğim tahmin yöntemi uygulanmıştır. Ayrıca şiddet-süre-frekans (IDF) analizleri ve CBS tabanlı litoloji, eğim ve hidrografi verileri değerlendirilmiştir. Bulgulara göre, 4 Mayıs 2024’te kaydedilen 14,4 mm’lik yağış tek başına ekstrem bir değer oluşturmamaktadır. Ancak Mart 2024’teki 74,8 mm’lik yüksek yağış, zemin doygunluğunu artırarak Mayıs ayındaki daha düşük şiddetli yağışların taşkına dönüşmesine neden olmuştur. Litolojik olarak geçirimsiz kumtaşı-şeyl ardalanmaları ve alüvyon birimleri, yüzey akışını hızlandırmış; jeomorfolojik olarak %20’nin üzerindeki eğimler ve alüvyal yelpazeler taşkın riskini büyütüştür. Kent içindeki menfez ve drenaj kanallarının tıkanması, özellikle Cudi ve Nur mahallelerinde derin su baskınlarına yol açmıştır. Ulusal ve uluslararası karşılaştırmalar, selin çoklu faktörlerin etkileşimiyle afete dönüştüğünü göstermektedir. Şanlıurfa 2023, Ahr Vadisi 2021 ve Derna 2023 olayları da benzer biçimde yağışın tek başına değil, jeomorfoloji ve kentsel kırılganlıkla birleştiğinde yıkıcı sonuçlar doğurduğunu kanıtlamaktadır. Çalışma, afet risk yönetiminde sadece yağış miktarına odaklanmanın yetersiz olduğunu; iklim değişikliği, topografya, zemin koşulları ve altyapının bütüncül biçimde değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Cizre, Kentsel kırılganlık, İklim değişikliği, Sel, Yağış dinamikleri.

The May-6, 2024 Cizre Flood: Climate Change, Precipitation Dynamics, and Urban Vulnerability

Abstract

The flood event that occurred in Cizre on May 4, 2024, was not solely the result of an extraordinary hydrological discharge, but rather the combined effects of short-duration intense rainfall, climate change-driven variability, and urban vulnerabilities. This study analyzes the event through the lenses of climate change, precipitation dynamics, and urban infrastructure deficiencies, aiming to highlight its multi-factorial nature. Meteorological records indicate that the May 4 rainfall itself was not unprecedented; however, heavy precipitation in March and April had already saturated the soils, amplifying flood risk. Long-term trend analyses of precipitation and temperature (Mann-Kendall, Sen’s slope) reveal a decline in total annual rainfall but an increase in the frequency of short and intense rainfall events. Settlement expansion onto the floodplain, insufficient drainage capacity, and unplanned urbanization accelerated the transition of meteorological hazards into a disaster. Field observations revealed that clogged culverts and poorly maintained drainage channels resulted in elevated water depths to hazardous levels at the neighborhood scale. Findings emphasize that the primary determinant of disaster severity was not natural hydrological extremes, but rather anthropogenic vulnerabilities. To mitigate similar risks in Cizre, this study recommends strengthening urban drainage systems, restricting construction within floodplains, implementing routine maintenance, and developing community-scale, impact-based early warning systems. By situating the Cizre case alongside recent national (e.g. Şanlıurfa 2023) and international flood events (e.g. Ahr Valley, 2021; Derna, 2023), the paper contributes to a broader understanding of flood risk management in the age of climate change.

Keywords: Cizre, Flood, Climate change, Precipitation dynamics, Urban vulnerability.

* Dr. Öğr. Üyesi, Siirt Üniversitesi, Coğrafya Bölümü, Fiziki Coğrafya Anabilim Dalı, sabanciserkan@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0002-6008-5213>

1. Giriş

Sel ve taşkın olayları, iklim sistemindeki oynaklık ile beşerî süreçlerin (kentleşme biçimleri, arazi kullanımı, altyapı niteliği) kesişiminde ortaya çıkan çok etmenli afetlerdir. Son yıllarda küresel su döngüsündeki düzensizlik, “ya kuraklık ya taşkın” salınımlarını keskinleştirerek aşırı yağış ve ani taşkınların etkisini büyötmektedir. Dünya Meteoroloji Örgütü’nün en güncel “Küresel Su Kaynaklarının Durumu 2024” raporu, 2024 yılında küresel nehir havzalarının yalnızca yaklaşık üçte birinin “normal” koşullar yaşadığını; geri kalanında akışların olağandışı kurak ya da ıslak seyrettiğini göstermekte ve bu dengesizliğin gıda güvenliği, yer değiştirme ve altyapı baskısı üzerindeki etkilerine dikkat çekmektedir. Bu tablo, erken uyarı ve risk azaltım yatırımlarının aciliyetini de net biçimde ortaya koymaktadır (World Meteorological Organization [WMO], 2025). Küresel ölçekte sel maruziyeti, iklim değişikliği sinyali ile nüfus dinamiklerinin bileşik etkisi altında artmaktadır. Yüksek çözünürlüklü küresel taşkın modellemelerine dayanan Nature Communications çalışmaları, 100 yıllık taşkın tehlikesine maruz küresel nüfusun yüzyıl boyunca belirgin biçimde artacağını; maruziyet trendinde iklimsel etki ile demografik/değişen yerleşim örüntülerinin birlikte rol oynadığını göstermektedir. Bu bulgular, taşkın yönetiminde “tehlike-maruziyet-hassasiyet” bileşenlerinin eşanlı ele alınmasının zorunluluğunu güçlendirmektedir. Avrupa’da 2021 Ahr Vadisi seli gibi olaylar, aşırı yağışların tek başına değil, doygün zemin koşulları, vadisel hapsolme etkisi ve yapısal kırılganlıklarla birleştğinde yıkıcı sonuçlar ürettiğini göstermiştir. Çok-disiplinli analizler 24-72 saatlik yağış toplamalarının kısa sürede kritik eşikleri aştığını, dar vadilerde akış hızları ve taşkın derinliklerinin ölümcül kombinasyonlar oluşturduğunu ve olayın tarihsel bağlamda uç değer olduğunu ortaya koymuştur. Bu değerlendirmeler, olay-özel sinoptik koşulların yerel morfometri ve yerleşim dokusuyla nasıl etkileştiğini de nicel olarak açığa çıkarmaktadır (Gharakhanlou & Perez, 2022; Khalifeh vd., 2019; Nyugen vd., 2024; Sreenatha vd., 2025). Yöntemsel cephede literatür, taşkın riskinin yalnızca hidro-meteorolojik göstergelerle değil, çok katmanlı mekânsal analizlerle (CBS/UA), hidrolik modelleme ve makine öğrenmesi yaklaşımlarının entegrasyonu ile değerlendirilmesini önermektedir. Geleceğe dönük iklim ve arazi kullanım senaryolarını hidrolik modellerle birleştiren çalışmalar (ör. XGBoost/LightGBM ile IDF/akım eşleştirmeleri), planlama ölçeklerinde taşkın tehlikesi ve risk kararlarını somutlaştırmaktadır. Buna paralel olarak, etkiye dayalı yüksek çözünürlüklü erken uyarı sistemleri (impact-based EWS) yerel karar vericilere taşkın derinliği, akış hızı ve olası etkiler hakkında eyleme dönük bilgi üretmektedir (Nyugen vd., 2024). Türkiye bağlamında, hem Doğu Karadeniz gibi orografik olarak duyarlı bölgelerde hem de Güneydoğu Anadolu’da yağış rejimindeki düzensizlikler ve kısa süreli yoğun yağışların artan rolü, taşkın riskini büyötmektedir. Doğu Karadeniz’de Söğütlü Deresi (Trabzon) üzerine yapılan CBS-AHS temelli çalışma; eğim, kanal yakınlığı, arazi örtüsü ve altyapı parametrelerinin, yüksek ve çok yüksek risk zonlarının mekânsal desenini belirlediğini göstermektedir. Öte yandan Doğu Karadeniz’de sel risk algısı çalışmalarında farkındalık ve hazırlık düzeylerinin sınırlı olduğu; bu yüzden yapısal olmayan önlemler (farkındalık, eğitim, erken uyarı) ile planlama araçlarının birlikte ele alınması gerektiği vurgulanmıştır (Koralay & Kara, 2024). Güneydoğu Anadolu’da uzun dönemli eğilim analizleri (1981-2022) sıcaklık artışı ve yağış-serileri/kuraklık indislerinde anlamlı değişimleri ortaya koymakta; uç değerlerin şiddetindeki artışın su kaynakları ve kentsel altyapı üzerindeki baskıyı büyöttüğünü göstermektedir. Batman 2023 seli, Şanlıurfa 2023 olayı gibi yakın zamanlı taşkınlar ise (hidrolik eşikler, kent içi drenaj kapasitesi, geçirimsizlik kaybı) beşerî ve jeomorfolojik kırılganlıkların olay şiddetini nasıl büyöttüğünü çarpıcı biçimde ortaya koymuştur (Dinç & Sabancı, 2023; Sabancı vd., 2024). Nitekim 2023 Şanlıurfa taşkını HEC-RAS/CBS ile inceleyen çalışmalar, yan kollar ve kent içi dere kesitlerinde farklı tekerrürlerde (Q2-Q1000) pik debilerin kritik eşiği hızla aşabildiğini ve çok sayıda kesitte taşkın tehlikesinin yüksek olduğunu göstermiştir (Kartal vd., 2024). Benzer şekilde, Avrupa’da 2021 Ahr Vadisi seli (Ludwig vd., 2023) ve Libya’da 2023 Derna seli (İmran vd., 2025), aşırı yağışların jeomorfolojik koşullar ve kentsel kırılganlıklarla birleşerek kısa sürede afet boyutuna ulaşabileceğini

ortaya koymuştur. Bu literatür zemini üzerinde, bu makalenin amacı 4 Mayıs 2024 Cizre selini “meteorolojik-jeomorfolojik bir yaklaşım” ile çözümlemek ve olayın afet boyutuna ulaşmasında belirleyici olan tehlike (aşırı/kısa süreli yağış), maruziyet (yerleşim-altyapı yoğunluğu) ve hassasiyet (jeomorfoloji, geçirimsiz yüzeyler, bakım-işletme eksikleri) bileşenlerinin etkileşimini ortaya koymaktır. Çalışma, (i) olay gününe ve öncesine ait hidro-meteorolojik kayıtların şiddet-süre-tekrar (IDF) ve trend istatistikleriyle (Mann-Kendall, Sen eğimi) sınanmasını; (ii) eğim, jeolojik-litolojik birimler, toprak ve drenaj ağının CBS/uzaktan algılama temelli jeomorfolojik haritalamasını; (iii) yerleşim ve altyapı deseninin (menfez-kanal kapasitesi, tıkanıklık ve bakım geçmişi) sahadan gözlemlerle bütünleştirilmesini; (iv) bulguların hem Türkiye’den güncel örneklerle hem de uluslararası literatürle karşılaştırılmasını içermektedir. Yöntemsel bileşimin bir diğer ayağı, etkiye dayalı erken uyarı mantığının yerel ölçeğe nasıl tercüme edilebileceğine dair bir tartışmayı kapsamaktadır (Nyugen, 2024). Çalışmanın ön bulguları, 4 Mayıs 2024 yağışının tek başına “rekör” bir uç değer olmayabileceğini; buna karşın ön-doygun zeminler, kentsel geçirimsizlik, hidrolik kesit daralmaları ve drenaj sistemlerindeki tıkanma/bakım eksiklerinin, akış yoğunluğunu mahalle ölçeğinde hızla tehlikeli derinliklere taşıdığını işaret etmektedir. Bu sonuç, küresel ve ulusal literatürde vurgulanan “çok etmenli tetiklenme” çerçevesiyle uyumludur: tehlike sinyalinin afetleşmesi, morfometri ve beşerî kırılganlıkların eşik davranışlarıyla birleştiğinde meydana gelmektedir (Ludwing vd., 2023). Bu bağlamda makale, (i) Cizre’de olay-özel hidro-meteorolojik şiddeti nicelleştirerek; (ii) jeomorfolojik kırılganlık ve kent içi drenaj kapasitesi arasındaki uyumsuzluğu mekânsal olarak göstererek; (iii) yerel ölçekte uygulanabilir risk azaltım önerilerini (hidrolik kapasite artışı, bakım rejimi, taşkın yatağına yapılaşma kısıtları, kritik nokta/boğazlarda menfez yeniden tasarımı, etkiye dayalı erken uyarı ve toplum temelli hazırlık) ortaya koyarak literatüre katkı sağlamayı hedefler. Bu katkılar, bir yandan Türkiye’deki güncel vaka çalışmalarının (ör. Trabzon-Söğüt, Şanlıurfa 2023) bulgularıyla karşılaştırmalı olarak tartışılacak; öte yandan küresel maruziyet ve su döngüsü düzensizliği tartışmalarıyla ilişkilendirilecektir. Böylece Cizre örneği, benzer jeomorfoloji-iklim etkileşimine sahip yerleşimler için de uygulanabilir bir risk yönetimi çerçevesi sunacaktır.

2. Yöntem

2.1. Araştırma Deseni

Bu çalışma, 4 Mayıs 2024 Cizre selinin nedenlerini çok-etmenli bir çerçevede değerlendirmek amacıyla karma yöntemli bir araştırma deseni benimsemiştir (Creswell & Clark, 2018). Araştırma, hem nicel veri analizleri (meteorolojik eğilim testleri, IDF eğrileri, CBS tabanlı mekânsal analizler) hem de nitel saha gözlemlerini içermektedir. Böylece hidro-meteorolojik veriler, jeomorfolojik özellikler ve kentsel kırılganlıklar bütünleşik olarak ele alınmıştır.

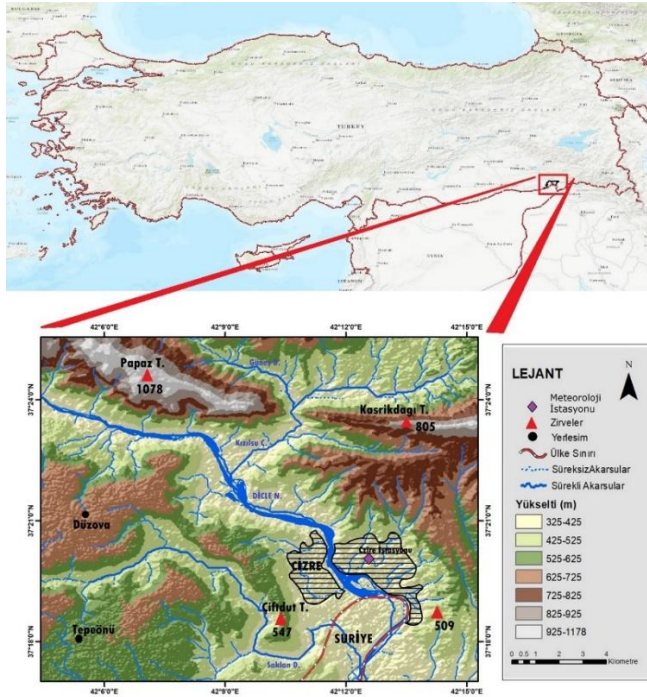
2.2. Evren ve Örneklem

Evren, Cizre ilçesi ve yakın çevresidir. Çalışma grubu, selden en çok etkilenen Cudi, Sur ve Nur mahalleleri ile sınırlanmıştır. Bu mahallelerde selin etkileri, arazi gözlemleri ve altyapı incelemeleriyle değerlendirilmiştir. Çalışma sahası, Türkiye’nin Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nde, Şırnak ilinin merkez ilçelerinden biri olan Cizre’yi kapsamaktadır. İlçe, Dicle Nehri’nin batı yakasında, Türkiye-Suriye sınırına yaklaşık 15 km mesafede konumlanmıştır. Cizre, kuzeyde Şırnak ili merkez ve Silopi ilçeleri, doğuda İdil ilçesi, güneyde ise Suriye sınırı ile çevrilidir. İlçenin deniz seviyesinden yüksekliği ortalama 370 m, il merkezine uzaklığı ise yaklaşık 45 km’dir. Coğrafi koordinatları yaklaşık 37°19' kuzey enlemi ve 42°11' doğu boylamı olan Cizre, Dicle Nehri’nin oluşturduğu geniş alüvyal düzlüklere oturmuştur (Tuncel, 1993;1999); (Şekil 1). Kent, bir yandan nehrin taşkın yatağına yakınlığı, diğer yandan da doğu ve batıdan kuşatan eğimli araziler nedeniyle hidro-meteorolojik olaylara karşı kırılgan bir konumda yer almaktadır. Yerleşim, tarihsel süreçte tarımsal üretim ve ticaret açısından verimli alüvyal düzlüklerde

gelişmiş; ancak bu durum aynı zamanda taşkın riskini de artırmıştır. Cizre'nin kuzey ve kuzeydoğusunda yer alan Cudi Dağı (2114 m) ve kentin batısında yükselen dağlık kütleler, bölgedeki topografik çeşitliliği belirleyen başlıca unsurlardır. Bu dağlık alanlardan inen geçici akışlar, özellikle yoğun sağanak dönemlerinde Dicle Nehri ile birleşerek sel riskini artırmaktadır. İlçede yazları sıcak ve kurak, kışları ise ılık ve yağışlı geçen Akdeniz ile karasal iklim özelliklerinin geçiş formu hâkimdir. Nüfus açısından Cizre, Şırnak ilinin en kalabalık ilçesidir ve 2023 yılı verilerine göre yaklaşık 150 bin nüfusa sahiptir (Türkiye İstatistik Kurumu [TÜİK], 2025). Hızlı nüfus artışı ve plansız kentleşme, kentin taşkınlara karşı hassasiyetini artıran başlıca beşerî etkenlerdir. Özellikle Dicle Nehri kıyısındaki mahallelerde altyapının yetersizliği ve drenaj sistemlerinin kapasite sorunu, 4 Mayıs 2024 selinde olduğu gibi afet boyutunu büyütüştür.

Şekil 1

Cizre İlçesinin Konumu ve Sayısal Yükselti Modeli (SYM) Haritası



2.3. Araştırma Süreci

Araştırma iki aşamada yürütülmüştür:

Arazi çalışmaları: Sel sonrası yapılan gözlemlerle menfez tıkanıklıkları, drenaj kapasitesi ve zemin koşulları belgelenmiştir.

Ofis çalışmaları: Meteorolojik, jeomorfolojik, litolojik ve kentsel veriler CBS ortamında analiz edilmiştir. Bu süreçte ArcMap 10.2.2 yazılımı, HGM topografya haritaları, MTA jeoloji verileri ve CORINE arazi örtüsü kullanılmıştır

2.4. Veri Toplama Araçları

Meteorolojik Veriler: MGM'den alınan 1970-2024 günlük yağış ve sıcaklık serileri (MGM, 2025).

Hidrografik Veriler: DSİ istasyon verileri (Nerdüş Çayı-Pınarönü, D26A068); (DSİ, 2024).

Jeolojik Veriler: MTA'nın Cizre-N48 paftasına ait veriler (Şenel, 2007).

Topografya ve DEM: USGS 30 m çözünürlüklü DEM (USGS, 2018).

Arazi Gözlemleri: Fotoğraf ve notlarla desteklenmiş gözlemler.

Çalışmada kullanılan tüm veriler, resmi kurumlardan ve açık erişimli kaynaklardan temin edilmiştir. Meteorolojik veriler 1970-2024 dönemine ait MGM günlük yağış ve sıcaklık serilerini; topografik veriler USGS 30 m çözünürlüklü DEM ürünlerini; jeolojik veriler MTA'nın 1/100000 ölçekli Cizre-N48 paftasını; hidrografik veriler ise DSI'nin D26A068 istasyon kayıtlarını kapsamaktadır. Veriler, CBS ortamına aktarılmadan önce koordinat sistemi birliği sağlanmış (WGS84 UTM Zone 38 N) ve raster formatında standardize edilmiştir.

2.5. Verilerin Analizi

Meteorolojik Analizler: Mann-Kendall eğilim testi, Sen'in eğim tahmini ve IDF eğrileri. Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden (MGM) alınan 1970-2024 yılları arasındaki günlük yağış ve sıcaklık serileri kullanılmıştır.

Eğilim analizleri, Python ortamında hazırlanmış pyMannKendall ve trend kütüphaneleri kullanılarak yürütülmüştür. Mann-Kendall testi ile serilerdeki monotonik eğilimler, Sen'in eğim tahmincisiyle ise trendin büyüklüğü hesaplanmıştır. Yağışın şiddet-süre-tekerrür ilişkileri (IDF) için MGM ekstrem yağış serilerinden yararlanılmış; 2, 5, 10, 25, 50 ve 100 yıllık tekerrür süreleri için yoğunluk eğrileri üretilmiştir. Elde edilen değerler, CBS ortamında taşkın risk haritalarıyla karşılaştırılarak yorumlanmıştır.

Kısa süreli analiz: 4 Mayıs 2024 seli sırasında metrekaresine düşen yağış miktarı hesaplanmış ve bu değer şiddet-süre-tekerrür (IDF, Intensity-Duration-Frequency) eğrileri ile karşılaştırılmıştır. Böylece olayın tekerrür periyodu ve ekstrem yağış karakteri nicel olarak değerlendirilmiştir.

Uzun dönemli analiz: Yağış ve sıcaklık serileri üzerinde Mann-Kendall eğilim testi (Mann, 1945; Kendall, 1975) ve Theil-Sen eğim tahmincisi (Sen, 1968) uygulanmıştır. Mann-Kendall testi, parametrik olmayan yapısı ve uç değerlere karşı dayanıklılığı sayesinde hidroloji ve klimatolojide yaygın olarak kullanılmaktadır (Bari vd., 2016; da Silva, 2015; Islam vd., 2025; Madsen vd., 2014). Sen'in eğim tahmincisi ise eğilimin büyüklüğünü istatistiksel olarak sağlam biçimde ölçmektedir (Kerketta & Singh, 2020; Zhang vd., 2005). Uygulamalarda %95 güven düzeyi ($\alpha=0.05$) esas alınmıştır (Agbo, 2023; Gocic & Trajkovic, 2013; Jiqin vd., 2023). Formüller da Silva (2015), Drapela & Drapelova (2011) ve Gilbert (1987) gibi literatürdeki tanımlara uygun biçimde kullanılmıştır.

Mann-Kendall Testi

Zaman serilerindeki monotonik eğilimlerin varlığını sınamak için kullanılan testin istatistiği şu şekilde tanımlanır:

Mann-Kendall test istatistiği (S) formülü:

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sign}(x_j - x_i) \quad (\text{Eşitlik 1})$$

Burada n, veri noktası sayısını; x_i ve x_j sırasıyla i. ve j. veri noktalarını ifade eder. Bu eşitlikte yer alan $\text{sign}(x_j - x_i)$ fonksiyonu şu şekilde verilir:

$$\text{sign}(x_j - x_i) = \begin{cases} -1 & (x_j - x_i) < 0 \text{ için} \\ 0 & (x_j - x_i) = 0 \text{ için} \\ 1 & (x_j - x_i) > 0 \text{ için} \end{cases} \quad (\text{Eşitlik 2})$$

Varyans şu şekilde hesaplanır:

$$Var(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^P t_i(t_i-1)(2t_i+5)}{18} \quad (\text{Eşitlik 3})$$

Standartlaştırılmış test istatistiği ise:

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{Var(S)}} & , \text{ eğer } S > 0 \\ 0 & , \text{ eğer } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{Var(S)}} & , \text{ eğer } S < 0 \end{cases} \quad (\text{Eşitlik 4})$$

$|Z| > 1.96$ olduğunda, %5 anlamlılık düzeyinde eğilim olduğu kabul edilmektedir.

Sen'in Eğim Tahmincisi (Sen's Slope Estimator)

Trendin büyüklüğünü belirlemek amacıyla iki veri noktası arasındaki eğim hesaplanmıştır:

$$Q_{ij} = \frac{X_j - X_i}{j - i} \quad (\text{Eşitlik 5})$$

Tüm olası Q_{ij} değerleri elde edildikten sonra bunların medyanı alınarak trend eğimi tahmin edilmiştir. Güven aralıklarının sıfırdan farklı olması eğilimin istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermektedir (Agbo, 2023; Gilbert, 1987).

Jeolojik Analizler: MTA Genel Müdürlüğü'nden alınan Cizre-N48 paftasına ait jeolojik veriler ile HGM topografik haritaları birleştirilmiş ve jeolojik formasyonlar sınıflandırılmıştır. Bu veriler, taşkın yatağındaki geçirimsiz litolojik birimlerin kırılgenlik üzerindeki etkisini değerlendirmek amacıyla kullanılmıştır.

Jeomorfolojik ve Topografik Analizler: Harita Genel Müdürlüğü'nden (HGM) temin edilen 1/25.000 ölçekli topografya haritaları ve USGS kaynaklı 30 m çözünürlüklü Sayısal Yükselti Modeli (DEM) verileri ArcMap 10.2.2 yazılımında işlenmiştir. Eğim, bakı ve yükselti haritaları TIN (Triangulated Irregular Network) yöntemiyle üretilmiş; akış yönü ve akış birikimi haritaları kullanılarak riskli morfometrik alanlar belirlenmiştir. Litolojik Analizler: Kumtaşı-şeyl aralanmaları ve alüvyon birimlerinin geçirimsizlik etkisi.

Hidrografi ve Akış Analizleri: ArcMap 10.2.2 yazılımında "Hydrology", "Basin" ve "Watershed" modülleri kullanılarak akış yönü, akış birikimi ve alt havza sınırları çıkarılmıştır. Böylece Dicle Nehri ve yan kolların akış rejimi ile taşkın yatağı ilişkisi değerlendirilmiştir. Devlet Su İşleri'nden (DSİ) temin edilen Nerdüş Çayı-Pınarönü (D26A068) istasyonuna ait günlük, aylık ve yıllık akım verileri incelenmiş, ancak istasyon verilerinin Cizre seli için mekânsal temsil gücü sınırlı olduğundan analizler daha çok yağış verileri ve kentsel kırılgenlik üzerinden yürütülmüştür. Bu sınırlılık, çalışmanın metodolojik değerlendirmesinde açıkça belirtilmiştir.

CBS Analizleri: Geçirimsiz yüzeylerin dağılımı, drenaj sistemleri ve riskli alanların mekânsal belirlenmesi. CORINE 2018 arazi örtüsü verisi (Copernicus) ve Google Earth görüntüleri (GEE) üzerinden kent içi geçirimsiz yüzeyler ve taşkın yatağı üzerindeki mahalleler haritalanmıştır. Arazi gözlemleriyle elde edilen altyapı yetersizlikleri (dar menfezler, kanal tıkanıklıkları, bakım eksiklikleri) CBS tabanlı katmanlarla bütünleştirilmiştir. Bu analiz, selin büyümesinde doğal süreçlerden çok beşerî kırılgenliklerin rolünü göstermek amacıyla gerçekleştirilmiştir.

Yöntemsel Yaklaşımın Sınırları: Çalışmada DSİ akım verilerinin mekânsal temsili sınırlı olduğundan hidrografik analizler ikincil düzeyde tutulmuştur. Bulgular daha çok yağış verileri ve iklimsel trendler, jeomorfolojik kırılgenlikler, kentsel altyapı eksiklikleri üzerinden değerlendirilmiştir. Bu yöntemsel çerçeve, sel olayının çok-etmenli doğasını (tehlike-maruziyet-hassasiyet) ortaya koymayı hedeflemektedir.

2.6. Araştırma Etiği

Çalışmada resmî kurum verileri (MGM, DSİ, MTA, HGM) kullanılmış; kaynaklar uygun şekilde atıf yapılmıştır. Saha çalışmaları sırasında yerel halka ait özel mülklere müdahale edilmemiş, gözlemler yalnızca kamuya açık alanlarda gerçekleştirilmiştir. Çalışma, akademik etik ilkelere uygun olarak yürütülmüştür.

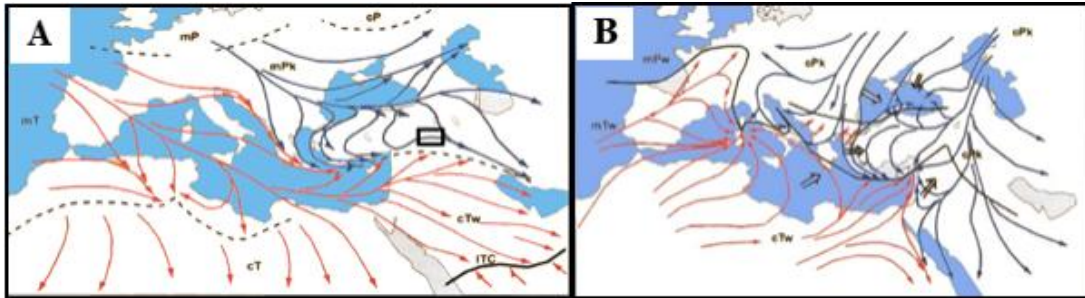
3. Bulgular

Meteorolojik Özellikler

Cizre ve yakın çevresinde 1970-2024 dönemine ait sıcaklık ve yağış verileri, bölgedeki taşkın riskini şekillendiren iklimsel dinamiklerin anlaşılması açısından kritik bir çerçeve sunmaktadır. Bu veriler hem uzun dönemli eğilimlerin hem de 4 Mayıs 2024 seli gibi kısa süreli olayların irdelenmesine olanak tanımaktadır. Cizre'nin iklimsel karakteri, bulunduğu coğrafi konum nedeniyle hem tropikal hem de kutupsal hava kütlelerinin etkileşimi altında şekillenmektedir. Yaz aylarında Basra kökenli alçak basınç sistemi etkili olmakta, Arabistan ve Suriye üzerinden gelen sıcak ve kuru hava kütleleri bölgeye ulaşmaktadır. Bu durum, yaz aylarında sıcaklıkların aşırı yükselmesine ve bağıl nem oranının düşmesine neden olmaktadır (Atalay, 2011). Kış mevsiminde ise Cizre, polar ve tropikal hava kütlelerinin karşılaşma alanında yer almakta olup, bu nedenle cephe yağışları yaygındır. Zaman zaman Sibirya Yüksek Basıncı sert ve soğuk kış koşullarına yol açarken, İzlanda Alçak Basıncı etkili olduğunda ise daha ılıman ve yağışlı kış mevsimleri görülmektedir (Türkeş, 1996). Bu sinoptik koşullar, bölgedeki sel ve taşkın olaylarının özellikle kış ve ilkbahar aylarında yoğunlaşmasının temel nedenidir. Uzun dönemli meteorolojik veriler (1970-2024), Cizre'de yıllık ortalama yağışın yaklaşık 630 mm olduğunu, ancak yıllar arası önemli dalgalanmalar bulunduğunu göstermektedir. 2024 yılı toplam yağış miktarı 900 mm'nin üzerine çıkarak uzun dönem ortalamasının oldukça üzerinde gerçekleşmiştir. Bu artış, özellikle ilkbahar aylarında yoğunlaşan yağışlarla bağlantılıdır (Şekil 2).

Şekil 2

Cizre'de Etkili Olan Hava Kütleleri A. Yaz Mevsiminde B. Kış Mevsiminde



Kaynak: Atalay, 2011'den faydalanılmıştır.

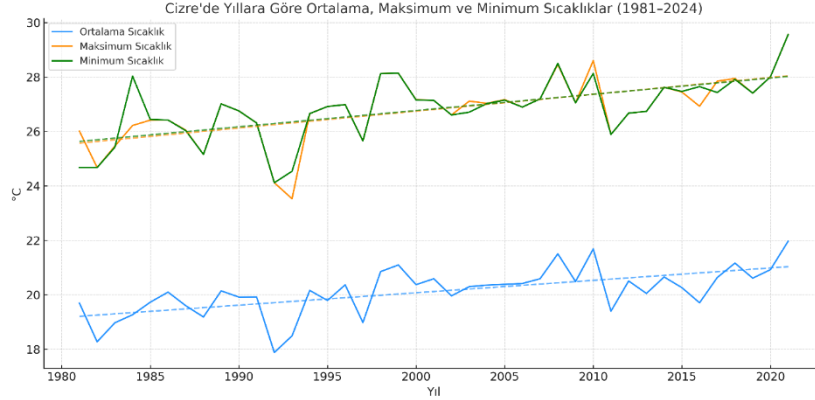
Sıcaklık Özellikleri

Cizre, coğrafi konumu itibarıyla Güneydoğu Anadolu'nun step iklimi özelliklerini yansıtsa da, aynı zamanda Akdeniz iklim tipinin doğudaki sınırında yer almaktadır. Yaz mevsimleri oldukça sıcak ve kurak geçmekte, ancak düşük bağıl nem oranı ve yüksek buharlaşma değerleri bölgeyi Akdeniz ikliminden belirgin şekilde ayırmaktadır. Bu durum, ani ve şiddetli yağışların değerlendirilmesinde yalnızca ortalama sıcaklıkların değil, aynı zamanda maksimum sıcaklıkların da dikkate alınmasını zorunlu kılmaktadır. Artan hava sıcaklıkları, buharlaşma hızını artırarak atmosferin nem taşıma kapasitesini yükseltmekte; özellikle orta kuşak cephe sistemleriyle etkileşim halinde daha şiddetli yağışlara zemin hazırlamaktadır (Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC], 2021; Sreenatha vd., 2025). 1981-2024 dönemi sıcaklık analizleri, tüm sıcaklık türlerinde belirgin bir artış trendi ortaya

koymuştur. Bu süreçte yıllık ortalama sıcaklık 19,7 °C, ortalama maksimum sıcaklık ise 26,4 °C olarak kaydedilmiştir (Şekil 3).

Şekil 3

Cizre'de 1981-2024 Yılları Arasındaki Ortalama, Maksimum ve Minimum Sıcaklık Trendleri



Kaynak: Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü

Maksimum sıcaklıkların her yıl ortalama +0,0619 °C arttığı, bu eğilimin %95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir (Tablo 1). R^2 değerleri yaklaşık 0,40 civarında olup, trendin orta düzeyde açıklayıcı olduğunu göstermektedir. p-değerlerinin tüm serilerde $p < 0,001$ bulunması, sıcaklık artışlarının güvenilirliğini teyit etmektedir.

Tablo 1

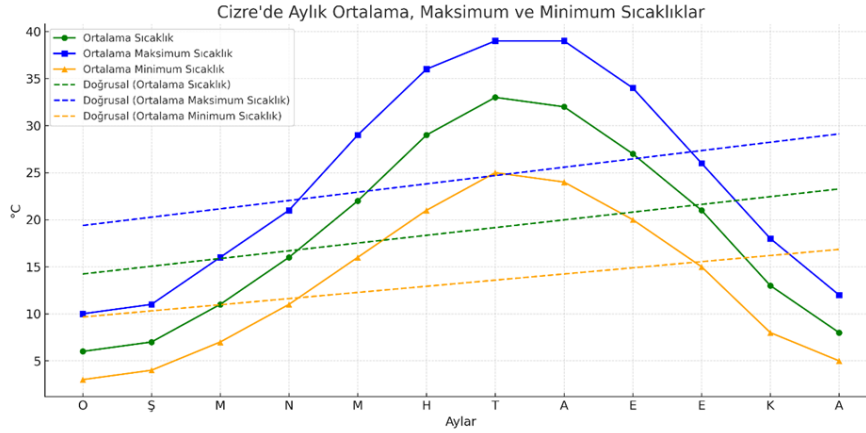
Cizre için 1981-2024 Yılları Arasındaki Ortalama, Maksimum ve Minimum Sıcaklık Trendlerine İlişkin İstatistiksel Analiz Sonuçları.

Sıcaklık Türü	Eğim (°C/yıl)	R^2 (Güven Katsayısı)	p-değeri	%95 Güven Aralığı (Eğim)
Ortalama	0.0456	0.4009	0.0000	0.0275 – 0.0636
Maksimum	0.0619	0.4022	0.0000	0.0374 – 0.0863
Minimum	0.0597	0.3880	0.0000	0.0354 – 0.0839

Ayrıca saha verilerine göre, ortalama en düşük sıcaklıklar 3,3 °C ile ocak ayında, ortalama en yüksek sıcaklıklar ise 42 °C ile ağustos ayında kaydedilmiştir. Cizre’de bugüne kadar ölçülen en yüksek sıcaklık 48,6 °C (1998), en düşük sıcaklık ise -9,3 °C (1997) olmuştur (Şekil 4).

Şekil 4

Cizre’de 1981-2024 Yılları Arası Aylık Ortalama, Maksimum ve Minimum Sıcaklık Değerleri ve Doğrusal Trendleri



Kaynak: Meteoroloji Genel Müdürlüğü

Aylık sıcaklık serilerinin eğilim analizi de yıllık verilerle uyumlu sonuçlar sunmaktadır. Ortalama sıcaklık yılda yaklaşık $+0,0185$ °C, maksimum sıcaklık ise $+0,0237$ °C artmaktadır (Tablo 2). R^2 değerleri ortalama ve maksimum sıcaklıklar için yaklaşık 0,54 olup, orta düzeyde güçlü bir ilişkiyi göstermektedir. Tüm p-değerleri 0,05’ten küçük olduğundan, eğilimlerin istatistiksel olarak anlamlı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Tablo 2

Cizre’de 1981-2024 Arası Aylık Sıcaklık Trend Analizi.

Trend Başlığı	Eğim (°C/yıl)	Başlangıç (°C)	R^2 (Güven Katsayısı)	p-değeri
Ortalama Sıcaklık	0.0185	-21.4308	0.5385	0.0000
Maksimum Sıcaklık	0.0237	-26.7292	0.5376	0.0000
Minimum Sıcaklık	0.0156	-20.7049	0.4043	0.0000

Sıcaklık artışları yalnızca Cizre ile sınırlı olmayıp, bölgesel ölçekte de benzer şekilde gözlemlenmektedir. Bu eğilimler; küresel ısınma, kentleşme süreçleri ve arazi kullanımındaki değişikliklerle doğrudan ilişkilendirilebilir. Ayrıca kış mevsiminde görülen sıcaklık artışlarında baraj göllerinin mikroklimatik etkileri de rol oynamaktadır. Uzun dönemli iklim grafikleri incelendiğinde, mevsimlerin başlangıç ve bitiş zamanlarında kaymalar yaşandığı, özellikle 2014 sonrası ortalama sıcaklıkların daha hızlı yükseldiği ve kuraklık göstergelerinde artışa yol açtığı tespit edilmiştir. Son 30 yıllık değerlendirmeler, mayıs ve eylül ayı ortalama sıcaklıklarının yaz mevsimi değerlerine yaklaşarak yaz mevsiminin uzadığını ve geçiş mevsimlerinin daraldığını göstermektedir. Özellikle nisan-mayıs ayları arasındaki ani sıcaklık artışları, yağış rejiminde düzensizliklere ve kısa süreli şiddetli yağışlara neden olabilmektedir.

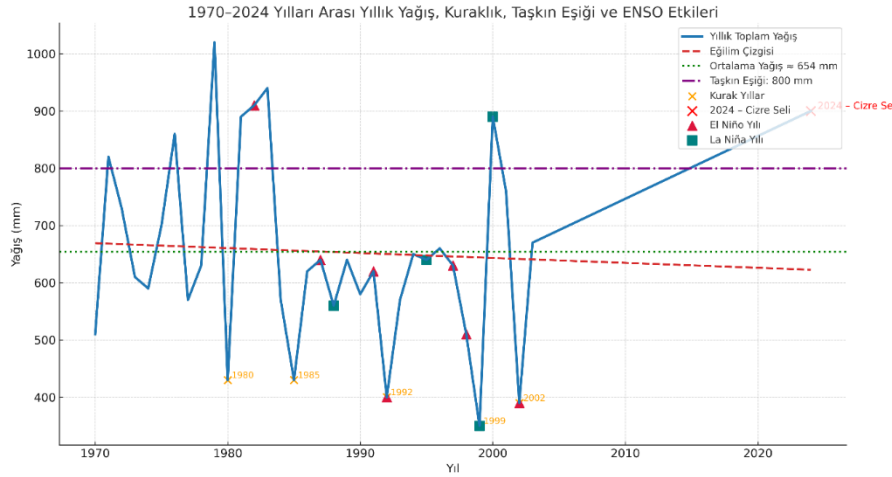
Yağış

Güneydoğu Anadolu Bölgesi genelinde ve özelde Cizre’de sel olaylarının başlıca meteorolojik kaynağını güneyden gelen Orta Akdeniz kökenli alçak basınç sistemleri oluşturmaktadır (Tonbul & Sunkar, 2011). Küresel iklim değişikliği Akdeniz Havzası’nda belirginleşmekte, yağışlarda yıllık azalış ve kısa süreli şiddetli yağışlarda artış gözlenmektedir (Ludwig vd., 2023; Madsen vd., 2014; Willkofer vd., 2024). Cizre’de 1970-2024 yılları arasındaki yıllık toplam yağış verileri incelendiğinde, uzun vadeli

ortalamanın yaklaşık 630 mm olduğu, ancak özellikle 1980’lerden sonra 500 mm’nin altına düşen kurak yılların sıklaştığı görülmektedir. Bu eğilim, hidrolojik dengenin bozulduğunu ve iklimsel kuraklık riskinin arttığını ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, 2024 yılı 900 mm’yi aşarak taşkın eşiğini belirgin biçimde aşmış ve 4 Mayıs seliyle doğrudan örtüşmüştür (Şekil 5).

Şekil 5

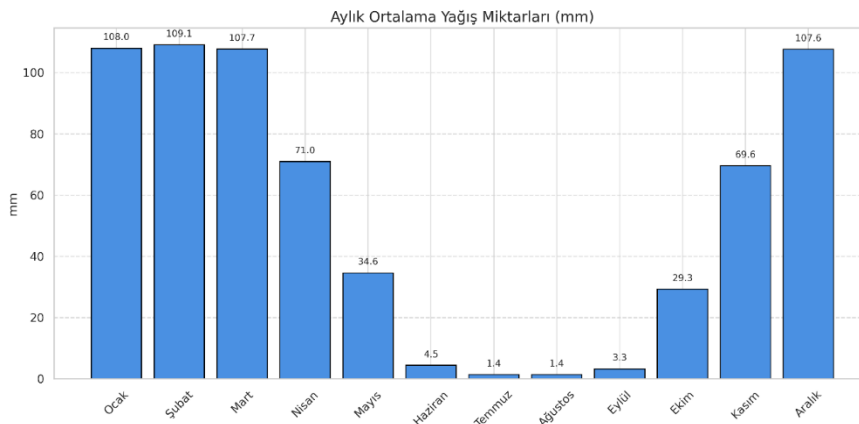
1970-2024 Yılları Arasında Yıllık Toplam Yağış Miktarı, Kuraklık Yılları ve 2024 Cizre Seli Eğilimi



ENSO etkileri de bölgede yağış desenini etkilemektedir (Trenberth, 2018). El Niño yıllarında (1982, 1997, 2015) yağış artışları gözlenirken, La Niña yıllarında (1988, 2000, 2021) hem artış hem azalış yönünde dalgalanmalar ortaya çıkmıştır. Bu durum, ENSO’nun bölgesel yağış üzerindeki etkisinin doğrusal değil, karmaşık bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir. Cizre’de hâkim yağış rejimi, gecikmeli bir Akdeniz rejimine benzese de düşük nemlilik düzeyi nedeniyle klasik Akdeniz yağış rejiminden farklılaşmaktadır. En fazla yağış Şubat ayında (109,1 mm) kaydedilirken, Aralık-Mart dönemi aylık ortalamaları birbirine yakın düzeyler göstermektedir. Bu dönemlerde yağışlar çoğunlukla sağanak karakterindedir (Şekil 6).

Şekil 6

Cizre İlçesi’nde Aylık Ortalama Yağış Dağılımı (1970-2024)



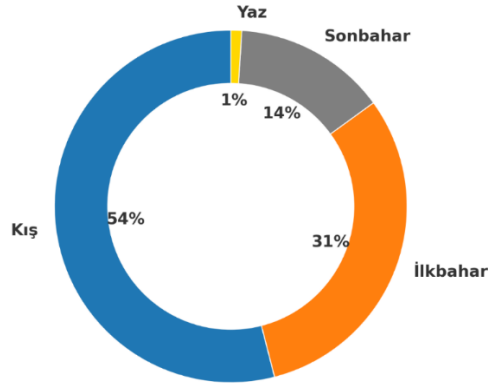
Kaynak: Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü

Aylık ortalama yağış verileri, yağış rejiminin mevsimsel karakterini ortaya koymakta olup, en yüksek yağışların kış aylarında yoğunlaştığını göstermektedir. Şubat ayı en yüksek aylık ortalama yağışa sahipken, Aralık, Ocak ve Mart ayları da benzer değerlere sahiptir. Yağış rejimi incelendiğinde, Cizre’de

yağışların mevsimsel dağılımı Akdeniz iklim tipine benzer bir özellik göstermektedir. En yüksek yağış miktarları kış mevsiminde gerçekleşmekte; bunu sırasıyla ilkbahar ve sonbahar mevsimleri izlemektedir. En düşük yağış miktarları ise yaz mevsiminde kaydedilmektedir (Şekil 7).

Şekil 7

Cizre İlçesi'nde Mevsimlere Göre Ortalama Yağış Dağılımı (1970-2024)

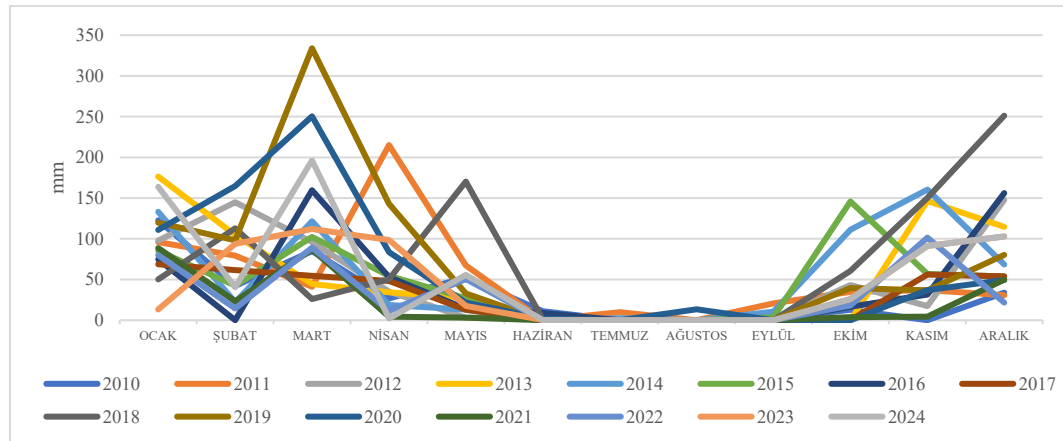


Kaynak: Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü

Bu özellikler, bölgenin makro ölçekte Akdeniz iklim tipine, mikro ölçekte ise yarı-kurak geçiş özelliklerine sahip olduğunu ortaya koymaktadır (Türkeş, 2012). Son 14 yıllık veriler, yağış rejiminde düzensizliklerin arttığını göstermektedir. 2019 yılında 884,2 mm kaydedilirken, 2021 yılında sadece 264,6 mm yağış düşmüştür. Benzer şekilde, 2020 Mart ayındaki 250,4 mm yağış, 2021 yılının toplamına yaklaşmıştır. Ayrıca, 1-19 Şubat 2020 arasında art arda 40-60 mm arasında değişen dört günlük yağış, kısa süreli fakat yoğun yağışların afet riski oluşturmadaki kritik rolünü kanıtlamaktadır (Şekil 8).

Şekil 8

Cizre İlçesi'nde 2010-2024 Yılları Arasında Yağış Miktarlarında Yıllık Dalgalanma



Kaynak: Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü

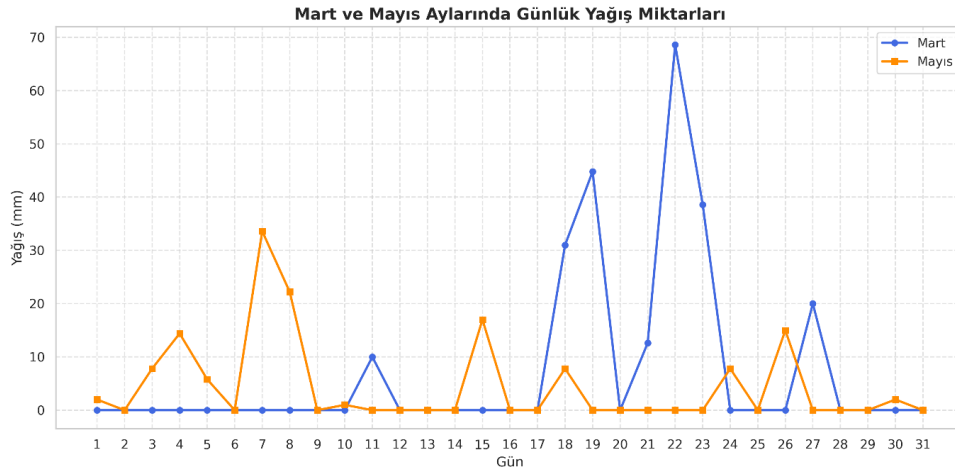
Bu düzensizlikler, küresel ölçekte raporlanan iklim değişkenliği ile uyumludur (IPCC, 2021). 4 Mayıs 2024 günü kaydedilen 14,4 mm yağış tek başına ekstrem değildir. Ancak 22 Mart 2024'teki 74,8 mm/gün yağış, zeminde ön-doygunluk yaratmış ve yüzeysel akış katsayısını artırmıştır. Böylece Mayıs ayında görece düşük bir yağış bile taşkına dönüşmüştür (Tablo 3).

Tablo 3*Cizre Sellerinin Meydana Geldiği Günlerdeki Yağış Miktarları*

Tarih	Yağış (mm)
19.03.2024	22,0
20.03.2024	34,6
21.03.2024	5,8
22.03.2024	74,8
23.03.2024	22,8
03.05.2024	7,8
04.05.2024	14,4
05.05.2024	5,8

Kaynak: Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü

Ayrıca 5-6 Mayıs tarihlerinde kaydedilen 18,2 mm ve 19,4 mm değerleriyle birleşen bu süreç, Cizre’de mahalle ölçeğinde su baskınlarını tetiklemiştir (Şekil 9).

Şekil 9*2024 Yılı Mart ve Mayıs Aylarına Ait Günlük Yağış Miktarlarının Karşılaştırılması (Cizre İstasyonu)***Kaynak:** Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü

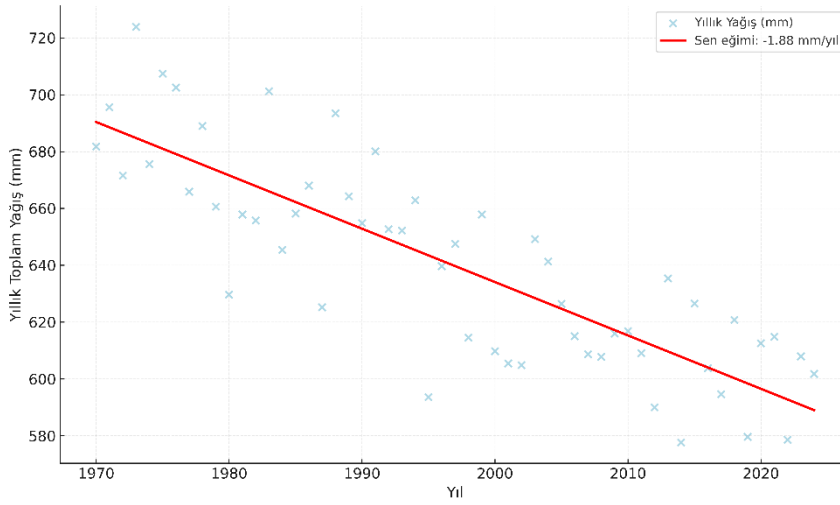
Arazi gözlemlerinde Dicle Nehri yatağında taşkın izine rastlanmamış, dolayısıyla olayın nehir taşkını değil, kent içi yüzey akışı kaynaklı olduğu anlaşılmıştır. Bu bulgu, kısa süreli şiddetli yağışların ön-doygun zemin koşullarıyla birleştiğinde afetleşebileceğini göstermektedir. Uluslararası literatürde de benzer örnekler vardır: 2021 Ahr Nehri taşkını (Ludwig vd., 2023) ve 2023 Derna seli (Armon vd., 2025) gibi olaylarda, tek başına yağış değil, ön-doygunluk ve kentsel kırılmalık afetin boyutunu belirlemiştir.

1970-2024 dönemi için Mann-Kendall testi $ZMK = -1,60$ bulunmuş, bu değer istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p > 0.05$). Sen’in eğim tahmini ($Q = -2,11$ mm/yıl), yıllık yağışlarda zayıf ama negatif bir eğilime işaret etmektedir (Tablo 4).

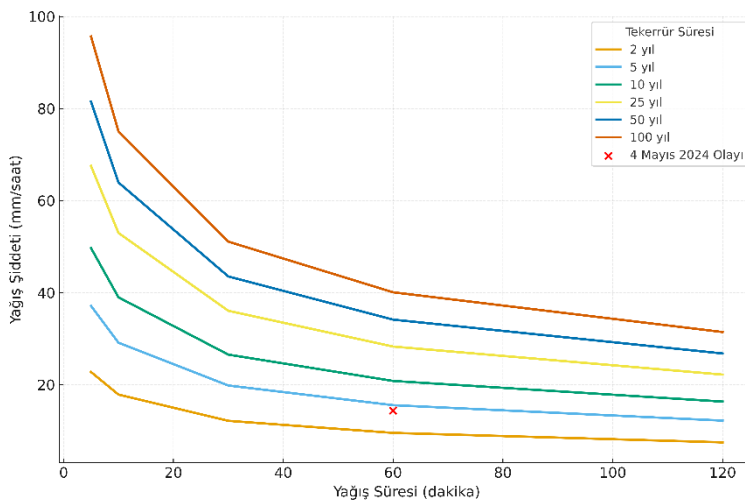
Tablo 4*Cizre İstasyonu İçin Yağış Trend Analizi (Mann-Kendall ve Sen's Slope, 1970-2024)*

İstasyon	Başlangıç Yılı	Bitiş Yılı	Gözlem Sayısı (N)	ZMK (Mann-Kendall)	Q (Sen Eğim Tahmini) (mm/yıl)	%95 Güven Alt Sınır (Qmin95)	%95 Güven Üst Sınır (Qmax95)
Cizre	1970	2024	55	-1.60	-2.11	-5.25	0.56

%95 güven aralığı -5,247 ile +0,558 mm arasında değişmektedir. Bu durum, uzun dönemli kuraklık eğilimlerinin varlığını, fakat istatistiksel kesinliğin sınırlı olduğunu göstermektedir (Şekil 10).

Şekil 10*Cizre Yıllık Yağışlarının Sen Eğimi ile Trend Analizi (1970-2024)*

Cizre için hazırlanan IDF eğrisi, kısa süreli yağışların afet oluşturma potansiyelini göstermektedir. Analize göre, 50 yıllık tekerrür periyoduna sahip bir yağışın şiddeti ~90 mm/saat, 100 yıllık yağışın şiddeti ise ~120 mm/saat olarak hesaplanmıştır (Şekil 11).

Şekil 11*Cizre Meteoroloji İstasyonu için Yağış Şiddeti-Tekerrür Periyodu (IDF) Eğrisi*

Bu değerler, özellikle kentsel alanlarda altyapı kapasitesini aşabilecek boyuttadır (Bari vd., 2016; İslam vd., 2025). 4 Mayıs 2024 yağışı IDF eğrisinde ekstrem sayılmasa da mart ayında gerçekleşen 74,8 mm/gün yağış ile birleşerek afetleşmiştir. Bu durum, yağış analizlerinde sadece toplam miktarın değil, süre-şiddet-frekans ilişkilerinin de değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Cizre örneği, yağışın afetleşmesinde hidrometeorolojik eşikler ile beşerî kırılganlıkların etkileşimini göstermektedir. Yağışlarda uzun vadeli azalma eğilimi bulunmakla birlikte, kısa süreli şiddetli yağışların sıklığının artması, kuraklık ve taşkın riskini eşzamanlı biçimde artırmaktadır. Bu nedenle, bölgesel afet yönetiminde günlük maksimum yağışlar ve IDF analizleri dikkate alınması; drenaj sistemleri bu eşiklere göre yeniden tasarlanması gerekliliğini ortaya koymaktadır (Di Baldassarre vd., 2018; Dordi vd., 2022).

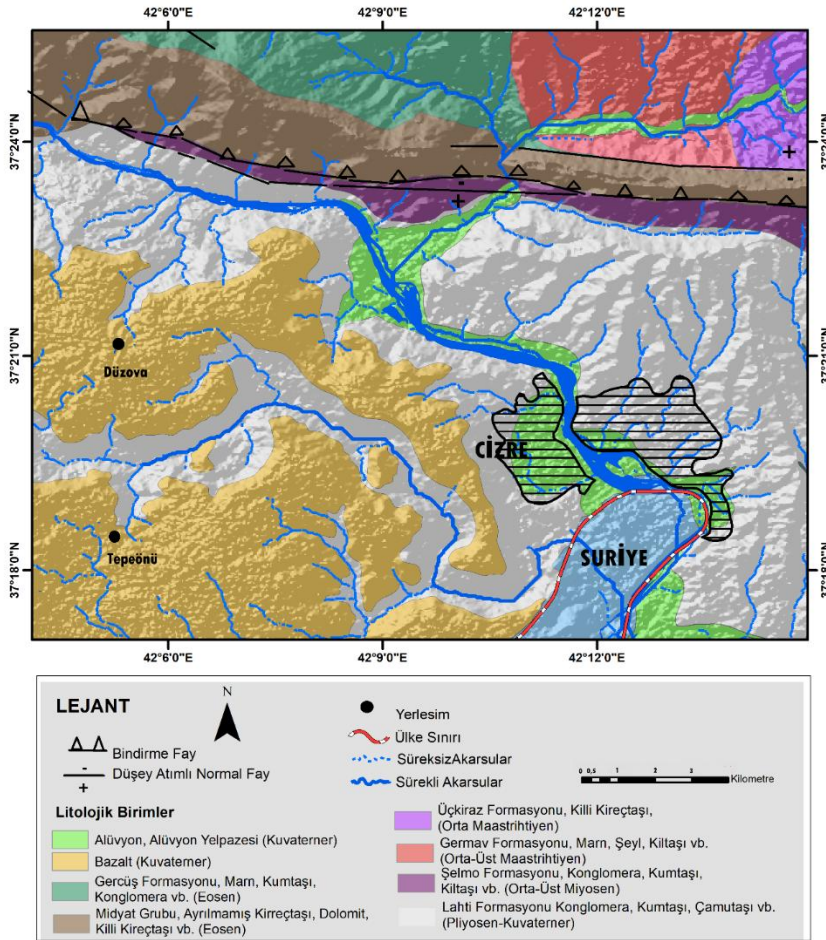
Kentsel Kırılganlık ve Jeomorfolojik/Hidrografik Bulgular

Litoloji

Çalışma alanında hâkim litolojik birimleri, Neojen dönemine ait kumtaşı-şeyl ardalanmaları ile Kuvaterner yaşlı alüvyonlar oluşturmaktadır (Şenel, 2007). Bu birimler, geçirgenlik açısından zayıf olup yüzeysel akışın artmasına neden olmaktadır (Şekil 12).

Şekil 12

Çalışma Sahasının Jeoloji Haritası (MTA, 1961 ve Şenel 2007'den Faydalanılmıştır)



Özellikle ince taneli şeyl ve kilce zengin tabakaların bulunduğu bölgelerde infiltrasyon kapasitesinin düşük olması, ani ve kısa süreli yağışlarda akışın hızla yüzeye yönelmesine yol

açmaktadır. Nitekim 22 Mart 2024'te kaydedilen 74,8 mm/gün yağış sonrası arazide görülen su birikimleri, bu litolojik zayıflıkların sahadaki pratik yansımaları göstermektedir (Şekil 13).

Şekil 13

Şekil 13. A ve B) Selden Sonra Cizre-Silopi Ana Karayolunun Durumu



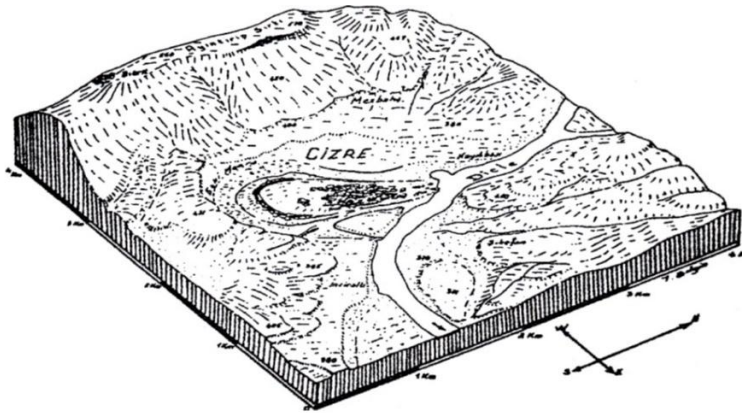
Uluslararası literatürde de geçirimsiz litolojik ortamların taşkın ve sel riskini artırdığı vurgulanmaktadır (Guzzetti vd., 2005; Selby, 1993).

Jeomorfoloji

Cizre'nin, Dicle Nehri'nin oluşturduğu geniş menderes bükümünde kurulmuş olması, taşkın riskini doğal olarak artırmaktadır (Şekil 14).

Şekil 14

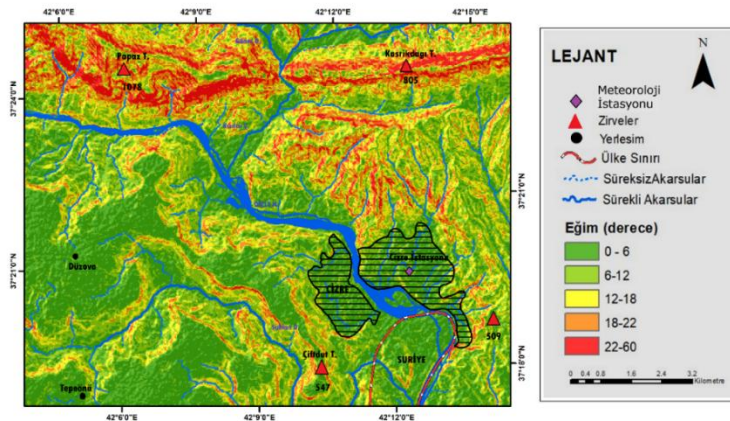
Cizre İlk Kuruluş Yeri (Tuncel, 1999)



Kentin kuzeyindeki yamaçlarda eğim değerleri %20'nin üzerinde olup, bu alanlardan gelen yüzeysel akış, kent merkezine yönelmekte ve akış hızını artırmaktadır (Şekil 15).

Şekil 15

Çalışma Sahasının Eğim Haritası



Ayrıca alüvyal yelpazeler üzerinde gelişen plansız yerleşmeler, taşkın riskini daha da büyütmektedir (Şekil 16).

Şekil 16

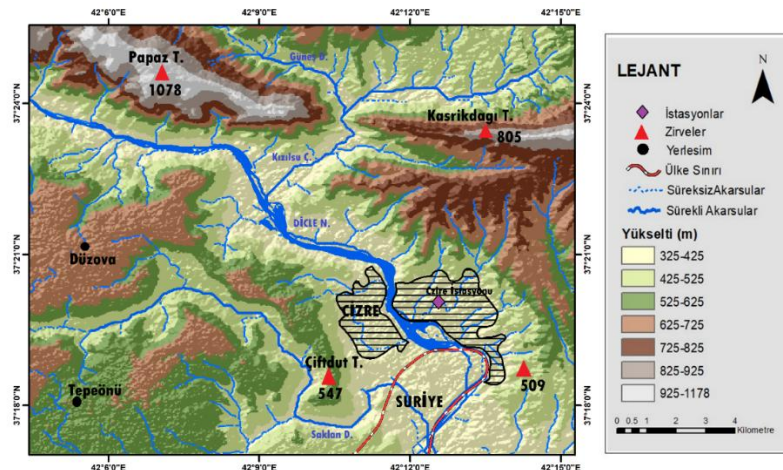
Taşkın Yatağı Üzerinde Genişleyen Cizre Şehrinden Görünüm



Jeomorfolojik olarak zayıf stabiliteye sahip bu bölgeler, ani yüzey akışı sırasında suyun yön değiştirmesine ve düşük kotlardaki mahallelerde (özellikle Cudi, Sur ve Nur mahallelerinde) birikmesine neden olmuştur (Şekil 17).

Şekil 17

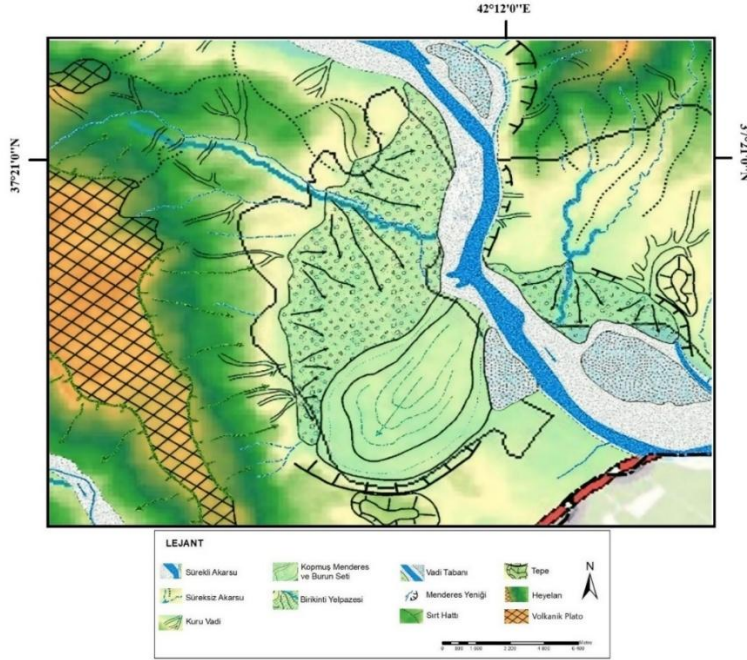
Çalışma Sahası Yükselti Haritası



Bu durum, selin mekânsal dağılımında jeomorfolojik faktörlerin belirleyici rol oynadığını göstermektedir (Şekil 17).

Şekil 17

Çalışma Sahası Jeomorfoloji Haritası



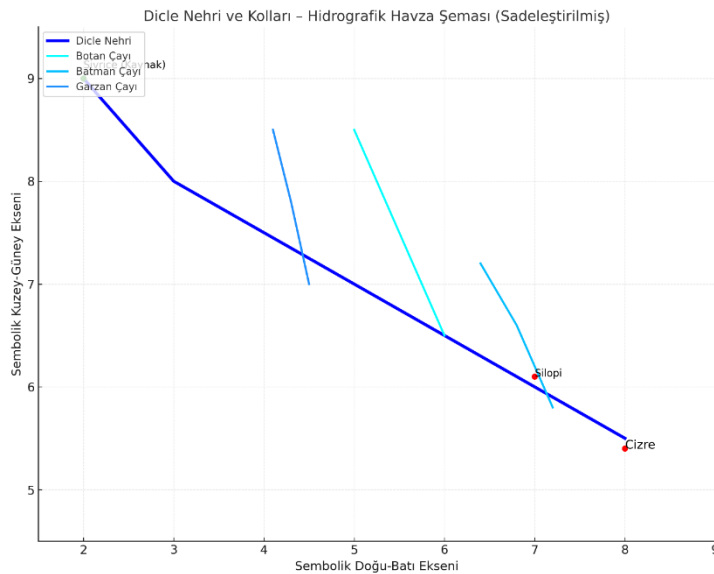
Benzer biçimde, 2021 Ahr Vadisi selinde de dik yamaçlardan gelen ani akışların taşkını büyüttüğü rapor edilmiştir (Ludwig vd., 2023).

Hidrografya

Çalışma alanının ana akarsuyu Dicle Nehri olup; Botan, Batman ve Garzan çayları bu sisteme bağlanmaktadır (Şekil 18).

Şekil 19

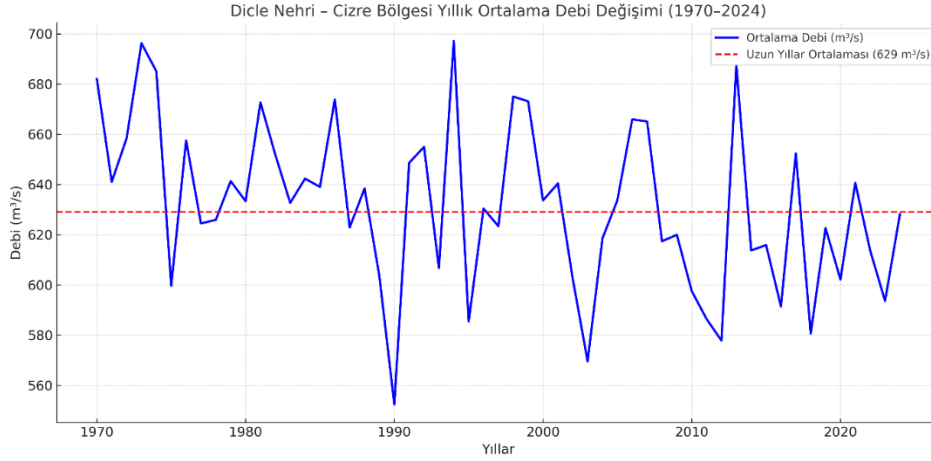
Dicle Nehri ve Yan Kollarının Hidrografik Havza Şeması



Dicle, karma rejimli bir akarsu özelliği göstermekle birlikte, akım değerleri mevsimsel ve yıllar arası dalgalanmalar sergilemektedir (Şekil 19).

Şekil 19

Dicle Nehri'nin Cizre Bölgesindeki Yıllık Ortalama Debi Değişimi (1970-2024)



Ancak 4-6 Mayıs 2024 seli sırasında yapılan arazi gözlemleri, Dicle yatağında taşkın izine rastlanmadığını ortaya koymuştur (Şekil 20).

Şekil 20

A) ve B) Selin Hemen Ardından Cizre'de Dicle Nehri'nin Yükselen Debisi



Bu bulgu, olayın doğrudan nehir taşkını değil, kent içi yüzey akışına bağlı bir su baskını olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, kent içindeki küçük ölçekli dereler ve drenaj kanalları, menfezlerdeki daralmalar nedeniyle taşkını büyütüştür (Şekil 21).

Şekil 21

A) ve B) Dar ve Sığ Kanalin Kenarında Koruma Duvarlarına Selin Verdiği Hasar C) Nur Mahallesi'nde Yetersiz Su Olukları, Tıkanan Menfez ve Balçıklar D) Cudi Mahallesi'nde Tıkanmış Tahliye Kanalı



Bu durum, akarsu morfolojisi ile kentsel altyapı arasındaki etkileşimi kritik hale getirmektedir.

Altyapı ve Kentsel Kırılgnlık

Cizre'deki mevcut altyapı, ani ve yüksek debili yüzey akışlarını tahliye edecek kapasiteden uzaktır. Cudi mahallesinde kanalların genişlikleri 2,50 metre ve yüksekliği de 2,40 metredir. Özellikle menfez ve yağmur suyu kanallarının malzeme ve atıklarla tıkanması, selin etkilerini mahalle ölçeğinde artırmıştır. Cudi ve Nur mahallelerinde görülen derin su baskınları, doğrudan bu altyapı sorunlarıyla ilişkilidir. (Şekil 22).

Şekil 22

A) Ve B) Şehrin İçinden Geçen Sığ ve Dar Kanallar (Nur Mahallesi)



Ayrıca, geçirimsiz yüzeylerin artması, doğal infiltrasyon süreçlerini azaltarak taşkın riskini büyütmektedir. Literatürde de kentleşme ile geçirimsiz yüzeylerin artışının, sel riskini artıran temel faktörlerden biri olduğu vurgulanmaktadır (Di Baldassarre vd., 2018). Bu bağlamda, Cizre örneği hem jeomorfolojik zemin koşullarının hem de insan kaynaklı faktörlerin birleştiğinde afet riskini büyüttüğünü göstermektedir.

Ulusal ve Uluslararası Bağlam

Cizre’de 4-6 Mayıs 2024 tarihlerinde meydana gelen sel olayı, yalnızca meteorolojik faktörlerle değil; jeomorfolojik koşullar, litolojik zemin özellikleri ve kentsel altyapı eksiklikleriyle birleşerek afet boyutuna ulaşmıştır. Bu durum, Türkiye ve dünya genelinde son yıllarda yaşanan benzer olaylarla paralellik göstermektedir. Türkiye bağlamında, 15 Mart 2023’te Şanlıurfa’da meydana gelen sel dikkate değerdir. Şiddetli yağışın yanı sıra, şehir merkezinde yetersiz drenaj kapasitesi, menfezlerin tıkanması ve taşkın alanlarına yapılan düzensiz yerleşimler, olayın afete dönüşmesinde belirleyici olmuştur. Cizre örneğinde de benzer şekilde, yağış tek başına ekstrem nitelikte olmamasına rağmen, altyapı yetersizlikleri mahalle ölçeğinde ciddi su baskınlarına neden olmuştur. Dolayısıyla her iki olayda da hidro-meteorolojik faktörler ile beşerî kırılganlıkların etkileşimi ön plana çıkmıştır. Uluslararası ölçekte, 2021 yılında Almanya’nın Rheinland-Pfalz bölgesinde meydana gelen Ahr Nehri seli, aşırı yağışın (24 saatte 150 mm’nin üzerinde) dik yamaçlar ve dar vadilerle birleşmesi sonucu büyük bir yıkıma neden olmuştur (Ludwig vd., 2023). Benzer şekilde, 2023 Derna (Libya) felaketi, Daniel Fırtınası’nın getirdiği yoğun yağışların, yetersiz baraj altyapısı ve düzensiz kentleşme ile birleşmesi sonucu 10.000’in üzerinde can kaybına yol açmıştır (Armon vd., 2024). Bu olaylarda da görüldüğü üzere, aşırı yağış tek başına afet meydana getirmemiş; jeomorfoloji ve kentsel kırılganlık ile etkileşim halinde yıkıcı sonuçlar doğurmuştur. Cizre’deki sel, şiddet açısından Ahr veya Derna olaylarıyla kıyaslandığında daha düşük düzeyde kalmasına rağmen, ortak nokta, afetin çoklu faktörlerin kesişmesiyle oluşmuş olmasıdır. Bu nedenle, ulusal ve uluslararası örnekler, afet risk yönetiminde yalnızca yağış miktarına odaklanmanın yeterli olmadığını; topografya, zemin özellikleri, altyapı kapasitesi ve yerleşim deseni gibi faktörlerin birlikte değerlendirilmesi gerektiğini açıkça ortaya koymaktadır.

Sınırlılıklar

Bu çalışmada ulaşılan bulgular, meteorolojik veriler, CBS tabanlı analizler ve saha gözlemlerine dayandırılmıştır. Ancak elde edilen sonuçların yorumlanmasında dikkate alınması gereken bazı sınırlılıklar bulunmaktadır. Öncelikle, akım verilerinin mekânsal temsili sınırlıdır. Dicle Nehri’ne ait uzun dönemli debi ölçümleri bulunmakla birlikte, yan kollar (örneğin küçük dere ve kanallar) için düzenli hidrometrik kayıtların bulunmaması, kent içi taşkınların nehir taşkınlarından ayrıştırılmasını zorlaştırmaktadır. Bu nedenle, 4-6 Mayıs 2024 olayı büyük ölçüde kent içi yüzey akışı bağlamında değerlendirilmiştir. İkinci olarak, çalışmada hidrolik modelleme (HEC-RAS gibi) uygulanamamıştır. Bunun temel nedeni, topografik verilerin (yüksek çözünürlüklü LiDAR veya drone tabanlı DEM) ve detaylı altyapı kesitlerinin erişilebilir olmamasıdır. Bu eksiklik, akış derinliği ve hızının mekânsal dağılımını sayısal olarak ortaya koymayı sınırlandırmıştır. Benzer çalışmalar, detaylı hidrolik modellemelerin taşkın riskinin mekânsal boyutunu daha güçlü şekilde ortaya koyduğunu göstermektedir (Dottori vd., 2016; Teng vd., 2017). Üçüncü olarak, yağış analizlerinde kullanılan MGM istasyon verileri, bölgeyi temsil etmekle birlikte yerel yağış heterojenliğini tam anlamıyla yansıtmayabilir. Özellikle konvektif karakterli sağanak yağışlarda, kilometre ölçeğinde farklılıklar olabilmektedir. Bu durum, özellikle kent içi ani su baskınlarının modellenmesinde belirsizlik oluşturmaktadır (Fowler vd., 2021). Çalışma büyük ölçüde mevcut veriler ve saha gözlemlerine dayalı olarak gerçekleştirilmiştir. Arazi çalışmaları sel sonrası dönemde yapıldığı için, olay anına ilişkin bazı ölçümler (örneğin su derinliği, akış hızı) doğrudan kaydedilememiştir. Bu nedenle, sonuçların yorumlanmasında belirli bir gözlemsel belirsizlik payı bulunmaktadır. Bu sınırlılıklar, çalışmanın bilimsel değerini azaltmamakla

birlikte, gelecek araştırmalarda yüksek çözünürlüklü topografya, hidrolojik modelleme ve gerçek zamanlı yağış verilerinin entegrasyonu ile daha ayrıntılı ve güçlü sonuçların elde edilebileceğine işaret etmektedir.

4. Sonuç, Tartışma ve Öneriler

4.1. Tartışma

Cizre’de 4-6 Mayıs 2024 tarihlerinde meydana gelen sel, tek başına ekstrem yağış değerleriyle açıklanamayacak çok-etmenli bir olaydır. Günlük yağış miktarı 14,4 mm ile orta düzeyde kalmış; ancak Mart 2024’teki 74,8 mm’lik yüksek yağış sonrası toprağın ön-doygunluk oranının yaklaşık %86’ya ulaşması, yüzeysel akış katsayısını belirgin biçimde artırmıştır. Bu yüksek doyumluk koşulları, nispeten düşük şiddetli bir Mayıs yağışının dahi taşkına dönüşmesine neden olmuştur. Bu durum, ön-doygunluk koşullarının taşkın oluşumundaki kritik rolünü açık biçimde ortaya koymaktadır (Fowler vd., 2021). Çalışmada elde edilen bulgular, ulusal ve uluslararası literatürle büyük ölçüde örtüşmektedir. Örneğin, 2023 Şanlıurfa selinde de yoğun yağış, kentsel altyapı eksiklikleriyle birleşerek afete dönüşmüştür. Benzer şekilde, 2021 Ahr Vadisi ve 2023 Derna felaketlerinde de aşırı yağış tek başına belirleyici olmamış; jeomorfolojik koşullar ve kentsel kırılmalıklar afeti büyütülmüştür (Armon vd., 2024; Ludwig vd., 2023). Cizre örneğinde litoloji (geçirimsiz kil-şeyl tabakaları), jeomorfoloji (dik yamaçlardan hızlanan yüzey akışı) ve altyapı sorunları (tıkanan menfezler, geçirimsiz yüzeylerin artışı) afet riskini artıran temel faktörler olmuştur. Bu koşullar, pluvial (kent içi yüzey akışı kaynaklı) taşkınların tipik özellikleriyle büyük ölçüde örtüşmektedir. Gerçekleştirilen arazi gözlemleri, Dicle Nehri yatağında taşkın izine rastlanmadığını, dolayısıyla olayın nehir taşkını (fluvial) değil, pluvial karakterli bir sel olduğunu açıkça ortaya koymuştur. Bu bulgular, iklimsel eğilimler ile insan kaynaklı faktörlerin etkileşimini birlikte ele alan çok-disiplinli yaklaşımların zorunluluğunu göstermektedir. Özellikle iklim değişikliğinin kısa süreli şiddetli yağışların sıklığını artırdığı, buna karşın geçirimsiz yüzeylerin yaygınlaşmasının kentsel su yönetimini daha kırılgan hale getirdiği görülmektedir (Di Baldassarre vd., 2018). Dolayısıyla Cizre örneği, ön-doygunluk, morfometri ve beşerî kırılmalıkların etkileşimiyle ortaya çıkan pluvial taşkınların, gelecekte artma potansiyeli taşıdığına işaret etmektedir.

4.2. Sonuçlar

- 1970-2024 döneminde Cizre’de yağışlarda azalan eğilim tespit edilmiş, ancak kısa süreli ve şiddetli yağışların sıklığının arttığı görülmüştür.
- 4-6 Mayıs 2024 seli, günlük toplam yağış açısından ekstrem olmamakla birlikte, mart ayındaki yüksek yağış sonrası oluşan ön-doygunluk koşulları ve altyapı yetersizlikleri nedeniyle afete dönüşmüştür.
- Litolojik birimler (Neojen kumtaşı-şeyl, alüvyon), düşük infiltrasyon kapasitesi nedeniyle yüzey akışını hızlandırmıştır.
- Jeomorfolojik olarak dik yamaçlar ve alüvyal yelpazeler, suyun yön değiştirmesine ve düşük kotlardaki mahallelerde baskınlara yol açmıştır.
- Altyapı eksiklikleri (tıkanan menfezler, dar drenaj kanalları) ve geçirimsiz yüzeylerin artışı, taşkının etkilerini büyütülmüştür.
- Sel olayı, Şanlıurfa (2023), Ahr Vadisi (2021) ve Derna (2023) gibi ulusal ve uluslararası örneklerle benzer çoklu etmenlerin kesişmesiyle açıklanabilmektedir.

4.3. Öneriler

- Altyapı güçlendirmesi: Yağmur suyu drenaj sistemleri genişletilmeli, menfez ve kanallar düzenli olarak temizlenmelidir.

- Planlama ve yerleşim: Taşkın alanları üzerine yapılaşma kısıtlanmalı, riskli bölgelerde dönüşüm projeleri uygulanmalıdır.
- Erken uyarı sistemleri: MGM ve AFAD koordinasyonu ile sel riskini önceden bildiren kent ölçekli uyarı mekanizmaları geliştirilmelidir.
- Yeşil altyapı: Geçirimsiz yüzeylerin azaltılması, yağmur bahçeleri, geçirgen zeminler ve yeşil alanların artırılmasıyla desteklenmelidir.
- Bilimsel izleme: Yüksek çözünürlüklü topografik veriler (LiDAR, drone DEM) ve hidrolojik modeller (HEC-RAS vb.) gelecekteki çalışmalara entegre edilmelidir.
- Toplum temelli afet yönetimi: Yerel halkın bilinçlendirilmesi, eğitim programları ve mahalle ölçekli tatbikatlar ile dayanıklılık artırılmalıdır.

5. Kaynakça

- Agbo, E. P., Nkajoe, U., & Edet, C. O. (2023). Comparison of Mann-Kendall and Şen's innovative trend method for climatic parameters over Nigeria's climatic zones. *Climate Dynamics*, 60(11-12), 3385–3401. <https://doi.org/10.1007/s00382-022-06521-9>
- Armon, M., Shmilovitz, Y., & Dente, E. (2025). Anatomy of a foreseeable disaster: Lessons from the 2023 dam-breaching flood in Derna, Libya, *Science Advances*, 11(13). <https://doi.org/10.1126/sciadv.adu2865>
- Atalay, İ. (2011). *Türkiye'nin iklim atlası*. İnkılap.
- Bari, S. H., Rahman, M. T. U., Hoque, M. A., & Hussain, M. M. (2016). Analysis of seasonal and annual rainfall trends in the northern region of Bangladesh. *Atmospheric Research*, 176–177, 148-158. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2016.02.008>
- Copernicus. CORINE Land Cover. <https://land.copernicus.eu/en/dataset-catalog> adresinden 30.05.2024 tarihinde erişilmiştir.
- Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2018). *Designing and conducting mixed methods research* (3rd ed.). SAGE Publications.
- da Silva, R. M., Santos, C. A. G., Moreira, M., Corte-Real, J., Silva, V. C. L., & Medeiros, I. C. (2015). Rainfall and river flow trends using Mann-Kendall and Sen's slope estimator statistical tests in the Cobres River basin. *Natural Hazards*, 77(2), 1205–1221. <https://doi.org/10.1007/s11069-015-1644-7>
- Di Baldassarre, G., Kreibich, H., Voroguyshyn, S., Aerts, J. C. J. H., Arnbjerg-Nielsen, K., Barendrecht, M., Bates, P., Borga, M., Botzen, W. J. W., Bubeck, P., De Marchi, B., Llasat, C., Mazzoleni, M., Molinari, D., Mondino, E., Mård, J., Petrucci, O., Scolobig, A., Viglione, A., & Ward, P. J. (2018). Hess Opinions: An interdisciplinary research agenda to explore the unintended consequences of structural flood protection. *Hydrology and Earth System Sciences*, 22(11), 5629-5637. <https://doi.org/10.5194/hess-22-5629-2018>
- Dinç, M. E., & Sabancı, S. 20 Kasım 2023 Batman selinin meteorolojik analizi ve iklim değişikliğinin yağış şartları üzerindeki etkileri. 2024 Conference on Climate Change, Sustainability and International Cooperation-CLICS, 21-22 Haziran, Düzce.

- Dordi, T., Henstra, D., & Thistlethwaite, J., (2022). Flood risk management and governance: A bibliometric review of the literature, *Journal of Flood Risk Management*, 2022;15:e12797, <https://doi.org/10.1111/jfr3.12797>
- Dottori, F., Salamon, P., Bianchi, A., Alfieri, L., Hirpa, F. A., & Feyen, L. (2016). Development and evaluation of a framework for global flood hazard mapping. *Advances in Water Resources*, 94, 87-102.
- Drapela, K., & Drapelova, I. (2011). Application of Mann-Kendall test and the Sen's slope estimates for trend detection in deposition data from Bily Kriz (Beskydy Mts., the Czech Republic) 1997-2010. *Beskydy*, 4(2), 133-146. http://www.mendelu.cz/dok_server/slozka.pl?id=57763\download=88743 adresinden 24.09.2025 tarihinde erişilmiştir.
- DSİ (Devlet Su İşleri-Etüt Planlama ve Tahsisler Dairesi Başkanlığı-Rasatlar Şube Müdürlüğü). D26A068 Dicle Havzası Nerdüş Çayı Pınarönü, AGİ Verileri.
- DSİ (Devlet Su İşleri), Etüt Planlama ve Tahsisler Dairesi Başkanlığı, Rasatlar Şube Müdürlüğü. (1972-2023). D26A068 Dicle Havzası Nerdüş Çayı Pınarönü AGİ verileri [ham akım gözlem verileri]. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü.
- Fowler, H. J., Lenderink, G., Prein, A. F., Westra, S., Allan, R. P., Ban, N., Barbero, R., Berg, P., Blenkinsop, S., Do, H. X., Guerreiro, S., Haerter, J., O., Kendon, E. J., Lewis, E., Schaer, C. Sharma, A., Villarini, G., Wasko, C., & Zhang, X. (2021). Anthropogenic intensification of short-duration rainfall extremes. *Nature Reviews Earth & Environment*, 2(2), 107-122.
- Gharakhanlou, N., & Perez, L. (2022). Spatial prediction of current and future flood susceptibility: examining the implications of changing climates on flood susceptibility using machine learning models. *Entropy*, 24(11), 1630. <https://doi.org/10.3390/e24111630>
- Gilbert, R. O. (1987). *Sen's nonparametric estimator of slope*. In *Statistical methods for environmental pollution monitoring* (pp. 217-219). John Wiley & Sons.
- Gocic, M., & Trajkovic, S. (2013). Analysis of changes in meteorological variables using Mann-Kendall and Sen's slope estimator statistical tests in Serbia. *Global and Planetary Change*, 100, 172-182. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2012.10.014>
- Google Earth Engine, *A planetary-scale platform for Earth science data & analysis*. <https://developers.google.com/earth-engine/datasets?hl=tr>, adresinden 30.05.2025 tarihinde erişilmiştir.
- HGM (Harita Genel Müdürlüğü-Ulusal Haritacılık Kurumu). 1/25000 ölçekli topografya paftaları.
- HGM (Harita Genel Müdürlüğü - Ulusal Haritacılık Kurumu). 1/25.000 ölçekli topografya paftaları. Harita Genel Müdürlüğü.
- Jiqin, H., Gelata, F. T., & Gameda, S. C. (2023). Application of MK trend and test of Sen's slope estimator to measure impact of climate change on the adoption of conservation agriculture in Ethiopia. *Journal of Water and Climate Change*, 14(3), 977-988. <https://doi.org/10.2166/wcc.2023.508>
- Imran, J., Nemnem, A. M., Tanim, A. H., Khan, M. S., Nahian, A., & Goharian, E. (2023). How extreme rainfall and failing dams unleashed the Derna flood disaster, *Nature Communications*, 16(1), 1-13, <https://doi.org/10.1038/s41467-025-59261-9>

- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2021). *Climate change 2021: The physical science basis*. Cambridge University.
- Islam, M. T., Islam, M., & Zakaria, M. (2025). Characterization of long-term annual and seasonal precipitation trends in the coastal region of Bangladesh. *Theoretical and Applied Climatology*, 156(1), 1-15. <https://doi.org/10.1007/s00704-024-05244-7>
- Kartal, V., Yavuz, V. S., Ariman, S., Kaya, K., Alkanjo, & S., Şimşek O. (2024). Climate change trends in the Southeastern Anatolia region of Türkiye: precipitation and drought, *Journal of Water & Climate Change* 15(12):5893-5919, <https://doi.org/10.2166/wcc.2024.503>
- Kendall, M. G. (1975). *Rank correlation methods* (4th ed.). Charles Griffin.
- Kerketta, J., & Singh, A. (2020). Temporal trend analysis of temperature data using Mann-Kendall test and Sen's slope estimator. *Journal of Water Engineering and Management*, 1(1), 31-43. <https://doi.org/10.47884/jweam.v1i1pp31-43>
- Khalifeh Soltanian, F., Abbasi, M., & Riyahi Bakhtyari, H. R. (2019). Flood monitoring using NDWI and MNDWI spectral indices: A case study of Aghqala flood-2019, Golestan Province, Iran. The international archives of the photogrammetry, *Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 42, 605-607. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-4-W18-605-2019>
- Koralay, N., & Kara, Ö. (2024). Assessment of flood risk in Söğütlü stream watershed of Trabzon province in Turkey using GIS and AHP approach. *Natural Hazards*, 120(11), 9977-10000. <https://doi.org/10.1007/s11069-024-06594-1>
- Ludwig, P., Ehmele, F., Franca, M. J., Mohr, S., Caldas-Alvarez, A., Daniell, J. E., Uwe Ehret, Feldmann, H., Hundhausen, M., Knippertz, P., Küpfer, K., Kunz, M., Mühr, B., Pinto, J. G., Quinting, J., Schäfer, A. M., Seidel, & F., Wisotzky, C., (2023). A multi-disciplinary analysis of the exceptional flood event of July 2021 in central Europe-Part 2: Historical context and relation to climate change, *NHESS*, Volume 23 (4), 1287-1311, <https://doi.org/10.5194/nhess-23-1287-2023>
- Madsen, H., Lawrence, D., Lang, M., Martinkova, M., & Kjeldsen, T. R. (2014). Review of trend analysis and climate change projections of extreme precipitation and floods in Europe. *Journal of Hydrology*, 519(PD), 3634-3650. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2014.11.003>
- Mann, H. B. (1945). Non-parametric test against trend. *Econometrica*, 13, 245-259. <http://dx.doi.org/10.2307/1907187>
- MGM (Meteoroloji Genel Müdürlüğü). 1959-2024 arası iklim verileri. Meteoroloji Genel Müdürlüğü.
- MTA (Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü). (1961). 1/100.000 ölçekli Türkiye jeoloji haritaları: Cizre N49 paftası (No. 60). MTA Yayınları.
- Nguyen, H. D., Nguyen, Q. H., Dang, D. K., Van, C. P., Truong, Q. H., Pham, S. D., Quang, T. B., & Petrisor, A. I. (2024). A novel flood risk management approach based on future climate and land use change scenarios. *Science of The Total Environment*, 921, 171204. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.171204>
- Sabancı, S. (2024). I. İklim Değişikliği ve Sürdürülebilirlik Çalıştay1. *Türkiye Teknoloji ve Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 5(2), 131-150.
- Sen, P. K. (1968). Estimates of the Regression Coefficient Based on Kendall's Tau. *Journal of the American Statistical Association*, 63(324), 1379-1389. <https://doi.org/10.1080/01621459.1968.10480934>

- Sreenatha, V., Gattia, F., & Jehela, P., (2025). Graph Transformer-Based Flood Susceptibility Mapping: Application to the French Riviera and Railway Infrastructure Under Climate Change, *Electrical Engineering and Systems Science*, arXiv:2504.03727. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2504.03727>
- Şenel, M. (2007). 1/100.000 ölçekli Türkiye jeoloji haritaları: Cizre N48 paftası (No. 59). Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü.
- Teng, J., Jakeman, A. J., Vaze, J., Croke, B. F., Dutta, D., & Kim, S. (2017). Flood inundation modelling: A review of methods, recent advances and uncertainty analysis. *Environmental Modelling & Software*, 90, 201-216. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2017.01.006>
- Tonbul, S., & Sunkar, M. (2011). Batman’da yaşanan sel ve taşkın olaylarının (31 Ekim-1 Kasım 2006) sebep ve sonuçları. In *Fiziki Coğrafya Araştırmaları: Sistematik ve Bölgesel* (pp. 237-258). Türk Coğrafya Kurumu Yayınları (No. 5).
- Trenberth, K. E. (2011). Changes in precipitation with climate change. *Climate Research*, 47(1), 123-138. <https://doi.org/10.3354/cr00953>
- Tuncel, M. (1993). Cizre. In *TDV İslam Ansiklopedisi* (Cilt 8, ss. 37-38). Türkiye Diyanet Vakfı Yayınları.
- Tuncel, M. (1999). Adını kuruluş yerinden alan şehirlere örnek: Cizre. In *Hız Nuh’tan Günümüze Cizre Sempozyumu: Bildiriler Kitabı* (p. 48). 8-10 Mayıs, İstanbul.
- TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu). (2024). *Cizre nüfus verileri*. Türkiye İstatistik Kurumu.
- Türkeş, M. (1996). Spatial and temporal analysis of annual rainfall variations in Turkey. *International Journal of Climatology*, 16(9), 1057-1076.
- Türkeş, M. (2012). Türkiye’de gözlenen ve öngörülen iklim değişikliği, kuraklık ve çölleşme. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 4(2), 1-32. https://doi.org/10.1501/Csaum_0000000063
- USGS (United States Geological Survey). (2018). USGS EROS Archive - Digital Elevation - Shuttle Radar Topography Mission (SRTM). <https://www.usgs.gov/centers/eros/science/usgs-eros-archive-digital-elevation-shuttle-radar-topography-mission-srtm>, adresinden 30.05.2025 tarihinde erişilmiştir.
- Willkofer, F., Wood, R. R., & Ludwig, R. (2024). Assessing the impact of climate change on high return levels of peak flows in Bavaria applying the CRCM5 large ensemble. *Hydrology and Earth System Sciences*, 28(13), 2969–2989. <https://doi.org/10.5194/hess-28-2969-2024>
- WMO (World Meteorological Organization). (2024). State of global water resources 2024. WMO-No. 1329. World Meteorological Organization. https://wmo.int/sites/default/files/2024-11/2024_State_of_Global_Water_Resources.pdf adresinden 30.05.2025 tarihinde erişilmiştir.
- Zhang, D., Jim, C., Lin, C., He, Y., & Lee, F. (2005). Climate change, social unrest and dynastic transition in ancient China. *Chinese Science Bulletin*, 50(2), 137-144.